Journal of Water and Soil
https://jsw.um.ac.ir

Research Article
Vol. 36, No. 3, Jul.-Agu. 2022, p. 365-375

Evaluation of Nutritional Status of Hamedan Province Grape Fields by Compositional Nutrient Diagnosis Method

R. Motalebifard[1*]

Received: 29-01-2022 Revised: 28-02-2022 Accepted: 14-06-2022 Available Online: 22-09-2022	**How to cite this article:** Motalebifard R. 2022. Evaluation of Nutritional Status of Hamedan Province Grape Fields by Compositional Nutrient Diagnosis Method. Journal of Water and Soil 36(3): 365-375. (In Persian with English abstract) **DOI:** 10.22067/jsw.2022.74703.1137

Introduction

Grape is one of the most important horticultural products in the world and Iran which has been noticed due to its cultivation area, high economic and nutritional values. Annually, about 68 million tons of grape are produced in the world. Iran, with 309,000 ha cultivation area and about 3.3 million tons share of production, is the 11th largest producer of this fruit in the world. Recent studies have shown that plant nutrition and soil fertility have significant effect in the reduced yield quality in the grape fields of our country. Plant nutrition as an influential factor is a function of the interaction of nutrients and environmental conditions. Assessing the nutritional status of plants is necessary to achieve the relationship between nutrients availability in the soil, the amount of elements in the plant and yield. Plant analysis method is used to optimize fertilizer application and diagnose plant nutrition disorders. The plant analysis method is useful for evaluating plant nutrition if an appropriate method to be used to diagnose and interpret the results. Tissue nutrient status can be diagnosed by the Critical Value Approach (CVA), the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS), and Compositional Nutrient Diagnosis (CND). Only DRIS and CND provide nutrient imbalance indexes, although no threshold value has been validated yet for diagnostic purposes. CND method expresses interactions by considering the ratio of one element to all elements. In this method, high and low functional groups are separated with great accuracy with the help of mathematical and statistical methods and the application of the cumulative function of variance ratio of nutrients and chi-square distribution function. A critical CND imbalance index was derived from the chi-square distribution function. Due to the importance of grape production in the country and the lack of required nutritional norms, this study was conducted to investigate the nutritional status of grape fields using the CND method.

Materials and Methods

In order to evaluate the nutritional status of grape fields in the Hamedan province, this study was conducted in the cropping years of 2017-2020. Every year, 40 different orchards were selected in each of the regions. The orchards were selected in such a way that they had different ranges of yield and soil properties. A database containing laboratory and field data was created for each grape field. The geographical location was recorded for the orchards. In each orchard, plant (leaf) samples were prepared and analyzed based on suitable laboratory methods. At the end of the season, the yield and its components were determined by visiting each orchard. Concentrations of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, iron, zinc, manganese, and copper were measured in grape leaves. The project database was completed and CND indices were calculated for each nutrient element. The selected grape fields were divided into two groups with high and low yield based on yield. The CND norms and indexes were computed according to computation steps of Parent and Dafir. The Cate–Nelson ANOVA procedure was used to partition yield data between two groups by maximizing the between-

1- Assistant Professor of Soil and Water Research Department, East-Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran
(*- Coressponding Author Email: motalebifard@gmail.com)

groups sums of squares to determine the threshold values for CND indexes required to compute the critical CND r^2 value. We used 83 observations for developing the nutrient norms.

Results and Discussion

The results of the indices calculated by the method of CND showed that the grape fields were deficient in nitrogen and potassium among the macronutrients and iron and manganese among the micronutrient elements. There was a correlation (0.25) between nutritional balance index and yield that was significant at 1 percent probability level. Potassium index was negative in 83% of low yield orchards. After potassium, nitrogen had a negative index in 58% of medium and low yield orchards. Phosphorus had the most positive index among macronutrients and was positive in most orchards. Among the micronutrients, manganese, iron, and zinc indices were negative in 59%, 49% and 73% of the orchards, respectively. The presence of calcareous conditions in the soils of the region can be the reason for this deficiency. The boron index was positive in some orchards and negative in some other orchards. Furthermore, in total, the index of unknown factors was negative in 41% of grape fields in Hamadan province.

Conclusion

The results indicated that management of evaluated orchards was not suitable and application of chemical fertilizers was unbalanced. The results of this study can be used in grape fields to increase yield and product quality. Therefore, it is recommended to use deficient elements in the fertilization program to improve yield.

Keywords: Grape, Nutrients, Nutritional status, Optimum level

نشریه آب و خاک
https://jsw.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۶، شماره ۳، مرداد-شهریور ۱۴۰۱، ص ۳۷۵-۳۶۵

ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای باغات انگور استان همدان با استفاده از روش تشخیص چندگانه (CND)

رحیم مطلبی فرد[1]*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۲۴

چکیده

روش تجزیه گیاه به منظور بهینه کردن مصرف کودها و تشخیص اختلالات تغذیه گیاهی استفاده می‌شود. روش تجزیه گیاه برای ارزیابی تغذیه گیاهان مفید است مشروط بر اینکه به روش مناسبی برای تشخیص و تفسیر نتایج بهره گرفته شود. به منظور ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای باغات انگور استان همدان این پروژه در سه سال زراعی ۹۹-۱۳۹۶ به اجرا در آمد. در هر سال تعداد ۴۰ باغ مختلف در هر کدام از مناطق انتخاب گردید. انتخاب باغات به شکلی بود که دارای دامنه متفاوتی از خصوصیات خاک باشند. یک بانک اطلاعاتی حاوی داده‌های آزمایشگاهی و صحرائی برای هر باغ در سه استان ایجاد گردید. موقعیت جغرافیایی باغات ثبت شد. در هر باغ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله بافت، کربن آلی، شوری و آهک ارزیابی و نمونه گیاه (برگ) تهیه و مورد تجزیه آزمایشگاهی قرار گرفت. در پایان فصل عملکرد و اجزاء آن در هر باغ مشخص گردید. غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز و مس در برگ انگور اندازه گرفته شد. بانک اطلاعات پروژه برای سال‌های اول و دوم تکمیل و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و شاخص CND برای هر عنصر محاسبه گردید. بر اساس عملکرد، باغات انگور منتخب به دو گروه با عملکرد بالا و پایین دسته‌بندی شدند. نتایج شاخص‌های محاسبه شده به روش تشخیص چندگانه نشان داد که در بین عناصر غذایی پرمصرف، نیتروژن و پتاسیم و در بین عناصر کم‌مصرف، آهن و منگنز منفی‌ترین شاخص را به خود اختصاص دادند و کمبودشان در مقایسه با بقیه عناصر شدیدتر بود. ترتیب نیاز غذایی به‌صورت K>-Mn>-Fe>-N >-Mg=-Zn>Cu>Ca>B>P- بود. نتایج به‌دست آمده از این پژوهش می‌تواند به منظور افزایش عملکرد و بهبود کیفیت انگور در مناطق مشابه از نظر اقلیمی و خاکی با منطقه اجرا به شکل کاربردی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: انگور، حد مطلوب، عناصر غذایی، وضعیت تغذیه‌ای

مقدمه

انگور از مهم‌ترین محصولات باغی در دنیاست که به دلیل سطح زیرکشت و ارزش اقتصادی و تغذیه‌ای بالا مورد توجه است. سالانه حدود ۶۸ میلیون تن انگور در جهان تولید می‌شود که ایران با تولید حدود ۳/۳ میلیون تن، یازدهمین تولیدکننده این میوه در جهان به شمار می‌رود. انگور جزو مهمترین محصولات باغی کشور می‌باشد و با ۳/۳ میلیون تن تولید بعد از سیب و پرتقال بیشترین مقدار تولید را به خود اختصاص داده است به‌طوری که حدود ۱۴ درصد از کل تولیدات باغی را دارا می‌باشد (Anonymous, 2013). سطح زیر کشت انگور در کشور ۳۰۹ هزار هکتار می‌باشد بیشترین سطح زیر کشت انگور مربوط به استان‌های فارس، قزوین، خراسان‌رضوی، همدان و آذربایجان‌غربی به‌ترتیب با ۶۴، ۳۱، ۲۸، ۲۲ و ۲۲ هزار هکتار می‌باشد. عملکرد انگور در کشور در مقایسه با سایر کشورهای تولید کننده انگور پایین بوده و به‌طور متوسط ۱۳۸۰۰ کیلوگرم در هکتار است. بیشترین عملکرد در واحد سطح انگور در کشور مربوط به استان‌های سمنان، کهکیلویه و بویر احمد و یزد به ترتیب با ۲۸۰۰۰،

۱- استادیار پژوهش بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email:motalebifard@gmail.com)
DOI: 10.22067/JSW.2022.74703.1137

۲۲۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. متوسط عملکرد در استان همدان نیز ۱۷۸۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. (Anonymous, 2013). همین اختلاف عملکرد در واحد سطح در بین استان‌های مختلف کشور بیانگر نقش بسیار شاخص مسائل مدیریتی و از جمله تغذیه گیاه در تولید انگور دارند. تغذیه گیاه به عنوان یک عامل تاثیرگذار، تابعی از اثرات متقابل عناصر غذایی و شرایط محیطی است. ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاهان جهت دست‌یابی به ارتباط میان عناصر غذایی قابل استفاده در خاک، میزان عناصر موجود در گیاه و عملکرد ضروری است (Pereira *et al*., 2011). به این منظور روش آزمون خاک، تجزیه گیاه، تشخیص علایم ظاهری و یا تلفیقی از آن‌ها استفاده می‌شود که هر کدام دارای معایب و محاسنی هستند (Sajjadi, 1992). برگ، اصلی‌ترین و مهم‌ترین محل متابولیسم گیاه است و غلظت عناصر غذایی در برگ در مراحل خاصی از رشد و تکامل گیاه، قادر است عملکرد آن را تحت تأثیر قرار دهد (Baldock and Schulte, 1996). تجزیه برگ و تفسیر نتایج آن اطلاعات خوبی از وضعیت تغذیه گیاه فراهم کرده و براساس آن توصیه‌های کودی مناسب انجام می‌پذیرد.

از روش‌های مختلفی نظیر غلظت بحرانی[1] (CVC)، تلفیقی تشخیص و توصیه[2] (DRIS)، انحراف از حد بهینه[3] (DOP) و تشخیص چندگانه[4] (CND) برای ارزیابی وضعیت گیاهان استفاده می‌شود. در هر یک از این روش‌ها نرمهایی برای هر یک از عناصر تعیین می‌گردد. هر کدام از این روش‌ها دارای معایب و محاسنی هستند. با بررسی تغییرات غلظت عناصر غذایی در عملکردهای پایین و بالا در شرایط منطقه‌ای، می‌توان وضعیت تغذیه‌ای منطقه مورد مطالعه را ارزیابی و استراتژی کودی تعیین نمود. روش تشخیص چندگانه عناصر (CND) با در نظر گرفتن نسبت یک عنصر به همه عناصر اثرات متقابل عناصر را بیان می‌دارد (Parent and Dafir, 1992). در این روش با کمک گرفتن از روش ریاضی و آماری و کاربرد تابع تجمعی نسبت واریانس عناصر غذایی و تابع توزیع مربع کای، گروه‌های عملکردی زیاد و کم با دقت زیاد تفکیک می‌شوند (cbKhiari *et al*., 2001a). بدین معنی که تمایز جامعه عملکرد به دو گروه زیاد و کم، بر اساس ترسیم تابع تجمعی بین عملکرد و نسبت واریانس شاخص‌های عناصر غذایی می‌باشد. این تابع عملکرد و عنصر غذایی شکل کاوی دارد. با تعیین نقاط عطف منحنی، گروه‌های عملکردی با دقت زیادی تفکیک می‌شود (Khiari et al., cb2001a). سپس شاخص‌های عناصر غذایی CND به روش گام به گام تعیین می‌گردد. این روش نسبت به روش‌های دیگر برتری‌هایی مانند نیاز کمتر به داده، سنجش وضعیت هر عنصر غذایی نسبت به میانگین هندسی بقیه عناصر، تفکیک دو گروه عملکردی زیاد و کم بر مبنای محاسبات ریاضی و آماری، کاربرد تابع تجمعی نسبت واریانس عناصر غذایی و دقت بالاتر را دارا می‌باشد.

خیاری و همکاران (Khiari *et al*., 2001a) با استفاده از روش CND توانستند شاخص عناصر غذایی و نرم‌های استاندارد CND را برای عناصر N، P، K، Ca و Mg جهت ارزیابی وضعیت تغذیه ذرت در مرحله رشد V_4 تا V_8 تعیین نمایند و ارتباط بسیار خوبی را (R^2 = ۰/۹۶) بین شاخص تعادل عناصر غذایی روش دریس (NII)[5] با شاخص تعادل عناصر غذایی بروش CND یعنی (r^2) برای مرحله رشدی مذکور گزارش نمودند. در همین تحقیق شاخص عنصر نیتروژن در سه روش CVC، DRIS و CND مورد مقایسه قرار گرفت که ضریب تبیین (R^2) بین شاخص‌های نیتروژن با عملکرد دانه ذرت به ترتیب ۰/۰۳، ۰/۴۱ و ۰/۴۸ بدست آمد که بیانگر برتری نسبی روش CND به سایر روش‌ها است. همچنین نرم‌های CND برای محصولات دیگر نظیر پیاز توسط پارنت و خیاری (Parent and Khiari, 2003) تعیین شده است. استفاده از تکنیک CND توسط پارنت و همکاران (Parent *et al*., 1994) برای تفسیر نتایج تجزیه گیاه و عملکرد سیب‌زمینی نیز استفاده گردید. ایشان همبستگی بسیار خوبی بین دو روش دریس و CND بدست آوردند (۰/۹۸ تا r=۰/۹۵) و اظهار داشتند تفسیر و توصیه کودی با روش غلظت بحرانی در ۶۶/۷ درصد موارد و با روش CND در ۸۷/۵ درصد موارد صحیح ارزیابی شد. همچنین خیاری و همکاران (Khiari *et al*., 2001b) برای تعیین وضعیت تغذیه‌ای فسفر در سیب‌زمینی از CND استفاده کردند. جانشامورتی و همکاران (Ganeshamurthy *et al*., 2019) نیز از این روش برای کوددهی عناصر پرمصرف و تعیین نرم‌های ده عنصر غذایی سیب‌زمینی استفاده نمودند.

بصیرت و همکاران (Basirat *et al*., 2018) وضعیت تغذیه‌ای باغات پرتقال استان فارس را با استفاده از روش CND و تجزیه آماری چند متغیره مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بیش از ۵۰ درصد باغات مورد ارزیابی مقادیر نیتروژن، کلسیم و منگنز کمتر از عدد مرجع داشتند. همچنین نتایج تجزیه آماری چندمتغیره و تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داد که عناصر نیتروژن، کلسیم، آهن و روی به ترتیب بیشترین اثر را بر تغییرات عملکرد داشتند. مشابه این مطالعه ارزیابی دیگری بر روی محصول پرتقال و در استان کهکیلویه و بویر احمد توسط چاکرالحسینی و همکاران (Chakerolhosseini *et al*.,

1- Critical Nutrient Concentration
2- Diagnosis and recommendation integrated system
3- Deviation from Optimum Percenatge
4- Compositional Nutrient Diagnosis
5- NII: Nutrient Imbalance Index

2016) انجام و اعداد مرجع برای ده عنصر غذایی تعیین گردید.

با بررسی منابع صورت گرفته پژوهش‌هایی در مورد تعیین وضعیت تغذیه‌ای انگور در کشور با روش‌های مختلف انجام شده است. گودرزی (Ghodarzi, 2005) وضعیت تغذیه‌ای باغات انگور سی‌سخت کهکیلویه و بویر احمد را به روش انحراف از درصد بهینه (DOP) مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که همه باغات با عملکرد پایین دجار عدم تعادل تغذیه‌ای بودند و مقدار شاخص در آنها بالا بود. همچنین شایع‌ترین عناصر دچار کمبود پتاسیم، روی و آهن بودند.

در تحقیق انجام شده دیگر توسط طاهری و همکاران (Taheri, 2017) در شهرستان خدابنده، مشخص گردید که کمبود پتاسیم و مس و بیش‌بود بور و فسفر در تمام باغ‌ها، بیش‌بود نیتروژن و کمبود روی در عمده باغ‌ها و زیاد بود منگنز و روی در تعدادی از باغ‌ها وجود داشته است. جمع‌بندی نتایج نشان داد که ترتیب نیاز غذایی عناصر در باغات انگور منطقه برای سه عنصر اصلی به شکل K>N>P بوده است.

بصیرت و همکاران (Basirat *et al*., 2016) ارقام مرجع عناصر غذایی را برای رقم شاهرودی انگور در استان سمنان تعیین نمودند. ایشان برای ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای انگور از روش CND استفاده نمودند. نتایج نشان داد در باغات انگور شاهرود کمبود کلسیم و نیتروژن در مقایسه با دیگر عناصر غذایی بارزتر بود.

صمدی و مجیدی (Samadi and Majidi, 2010) وضعیت تغذیه‌ای باغات انگور سفید بیدانه را در استان آذربایجان‌غربی با استفاده از دو روش DRIS و DOP ارزیابی نمودند. نتایج نشان داد که مصرف زیاد کودهای پتاسیمی و بالا بودن پتاسیم در اراضی کشت انگور موجب بهم خوردن تعادل کلسیم و منیزم در گیاه شده به طوری کلسیم منفی‌ترین شاخص دریس را نشان داد. دامنه کفایت غلظت عناصر غذایی مستخرج از روش دریس نشان داد که در تمامی تاکستان‌های با عملکرد پایین عنصر منیزیم منفی‌ترین شاخص پرمصرف و روی بیشترین کمبود عناصر کم مصرف را به خود اختصاص دادند. منطقه ملایر استان همدان یکی از مهمترین مناطق تولید انگور بی‌دانه در کشور است ولی متأسفانه در مورد وضعیت تغذیه‌ای این محصول پژوهش مناسبی در سطح ملی و منطقه‌ای انجام نگرفته است. هیچ پژوهشی در مورد غلظت مناسب عناصر غذایی و وضعیت تغذیه‌ای انگور بی‌دانه در ملایر وجود ندارد. در توجه به اهمیت و گستردگی تولید این محصول در منطقه و نبود نرم‌های تغذیه‌ای مورد نیاز، این پژوهش با هدف بررسی وضعیت تغذیه‌ای باغات انگور با استفاده از روش CND انجام گردید. همچنین نرم‌ها، شاخص‌ها و شاخص تعادل تغذیه‌ای CND نیز برای این محصول تعیین گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش بر روی محصول انگور در طی سال‌های ۹۹-۱۳۹۷ و به مدت سه سال در استان همدان اجرا شد. در هر سال تعداد ۴۰ باغ مختلف انتخاب شدند. تمام باغ‌ها در استان در شهرستان ملایر قرار داشتند. باغ‌ها در هر منطقه طوری انتخاب شدند که دارای عملکردهای متفاوت باشند یعنی شامل باغ‌های با عملکرد مطلوب، با عملکرد متوسط و عملکرد پایین بودند. در عین حال از لحاظ مولفه‌های خاک و سن باغ نوسان سن نداشته و وضعیت عمومی یکسانی داشتند اما محدودیت های غالب منطقه را نیز داشته و همگی از رقم کشمش بوده و از لحاظ عملکرد متفاوت بودند. موقعیت جغرافیایی باغ‌ها ثبت و داده‌های هواشناسی برای ارزیابی تناسب اقلیمی جمع‌آوری شد.

برای هر باغ پرسشنامه‌ای تکمیل گردید که در آن اطلاعات مدیریتی باغ از قبیل عملکرد سال‌های قبل، نوع کودهای شیمیایی مصرفی، سابقه مصرف کودهای حیوانی و بیولوژیک، تعداد دفعات آبیاری، سن درختان باغ، وضعیت هرس، استفاده از سموم شیمیایی و آفات و بیماری‌های شایع باغ و .... درج گردید. در هر باغ تعداد ۳۰ درختچه انگور ۱۲ تا ۱۵ ساله بطور تصادفی و پراکنده اما از لحاظ رقم، سن و تیپ یکسان انتخاب شد.

در هر سال، عملکرد هر باغ اندازه‌گیری و اجزاء عملکرد آن نیز یادداشت‌برداری شد. در سال‌های اول و دوم و سوم نمونه‌برداری از برگ برای تعیین غلظت عناصر غذایی و عملکرد باغات انجام گرفت. نمونه گیاهی از کامل‌ترین برگ‌های انتهایی تهیه و قسمتی از آن در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۴۸ ساعت خشک و غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز، مس و بور در اندام هوایی پس از خشک‌سوزانی همراه با مخلوط اسید کلریدریک و اسید نیتریک (Westerman, 1990) تعیین گردید. فسفر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Jones, 2001) و آهن، روی، مس و منگنز توسط دستگاه جذب اتمی (Ryan *et al*., 2001) انجام شد.

روش تشخیص چندگانه عناصر

مبانی ریاضی و آماری این روش توسط پرنت و دافیر (Parent and Dafir, 1992) بیان شده است. ترکیبات بافت گیاهی حاوی عناصر غذایی (N, P, K…) و یک بخش باقیمانده (Rd) می‌باشد مجموع ترکیبات گیاهی بر مبنای عدد ۱۰۰ است و مجموع نسبت لگاریتمی عناصر با احتساب مقدار باقیمانده ترکیبات (Rd) برابر صفر خواهد بود.

$$N+P+K+\ldots+Rd=100 \quad (۱)$$

$$Rd = 100 - (N + P + K \ldots) \qquad (۲)$$

در این روش ابتدا عملکردها از زیاد به کم ردیف شدند. سپس میانگین هندسی عناصر غذایی و نسبت لگاریتم طبیعی عناصر با روابط زیر محاسبه گردید:

$$G = (N \times P \times K \times \cdots \times Rd)^{\frac{1}{d+1}} \qquad (۳)$$

در این معادله d تعداد عناصر غذایی مورد بررسی در این پژوهش، G میانگین هندسی عناصر غذایی و Rd بخش باقیمانده می‌باشد.

$$Z_i = \log[x_i/G] \qquad (۴)$$

واریانس، نسبت واریانس و تابع تجمعی نسبت واریانس برای گروه‌های عملکردی محاسبه گردید. واریانس با استفاده از نرم‌افزار اکسل محاسبه و نسبت واریانس با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

(۵)

$$f_i(V_X) = \frac{\text{Variance of } V_X \text{ of } n_1 \text{ observations}}{\text{Variance of } V_X \text{ of } n_2 \text{ observations}}$$

اولین تابع نسبت واریانس محاسبه شده از دو عملکرد بالا در یک خط با بیشترین بازده قرار می‌گیرد بنابراین سه خط پایینی خالی می‌ماند. تابع تجمعی نسبت واریانس هم از رابطه زیر محاسبه شد. در این معادله n_1-1 شماره نسبت واریانس و n کل مشاهدات می‌باشد.

$$F_i^C(V_X) = \frac{\sum_{i=1}^{n_1-1} f_i(V_X)}{\sum_{i=1}^{n-3} f_i(V_X)} \times 100 \qquad (۶)$$

سپس رابطه تابع تجمعی نسبت واریانس، با عملکرد ترسیم - گردید. از طریق میانگین‌گیری از نقاط عطف منحنی‌ها، گروه‌های عملکردی کم و زیاد از هم تفکیک شدند.

فرم بیان (Z_i) در جامعه با عملکرد بالا، بیانگر غلظت مطلوب است و به عنوان ارقام مرجع یا نرم‌های CND (Z_i^*) محسوب می‌شود. بنابراین با استاندارد کردن غلظت هر عنصر غذایی گیاه مورد مطالعه با نرم‌های CND، شاخص عناصر غذایی CND بدست آمد (معادله ۱۰).

$$I_{zi} = \frac{Z_i - Z_i^*}{SD_{zi}^*} \qquad (۷)$$

در این معادله I_{zi} شاخص عنصر غذایی، Z_i^* فرم بیان در جامعه با عملکرد بالا و Z_i مربوط به نمونه مجهول می‌باشد.

شاخص تعادل تغذیه‌ای CND (r^2) با استفاده از معادله ۸ محاسبه گردید.

$$r^2 = I_N^2 + I_P^2 + I_K^2 + \cdots + I_{Rd}^2 \qquad (۸)$$

نتایج و بحث

داده‌های عملکرد و غلظت عناصر غذایی مربوط به ۸۳ باغ بر اساس میزان عملکرد از زیاد به کم ردیف شد. سپس مقادیر میانگین هندسی (G) و نسبت لگاریتمی (Vx) ۱۰ عنصر غذایی محاسبه گردید. در ادامه مقادیرتجمعی نسبت واریانس عناصر غذایی یعنی F_i^c (V_N)، F_i^c (V_P)، F_i^c (V_K)، F_i^c (V_{Ca})، F_i^c (V_{Mg})، F_i^c (V_{Fe})، F_i^c (V_{Zn})، F_i^c (V_{Mn})، F_i^c (V_{Cu})، F_i^c (V_B) و F_i^c (V_R) برای کلیه عناصر محاسبه و ترسیم گردید که به‌صورت ۱۱ معادله درجه ۳ برای ۱۰ عنصر و یک قسمت باقیمانده (R_d) برازش داده شد (جدول ۱). نقاط عطف منحنی‌ها برای ده عنصر غذایی و ترکیبات باقیمانده برای انگور بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شدند و مطابق جدول ۱ عبارت بودند از: F_i^c (V_N)=۳۸۸۸۸، F_i^c (V_P)=۳۳۳۳۳، F_i^c (V_K)=۳۳۳۳۳، F_i^c (V_{Ca})=۳۳۳۳۳، F_i^c (V_{Mg})=۳۳۳۳۳، F_i^c (V_{Fe})=۳۲۸۵۷، F_i^c (V_{Cu})=۳۳۳۳۳، F_i^c (V_{Zn})=۳۰۰۰۰، F_i^c (V_{Mn})=۲۷۷۷۸، F_i^c (V_B)=۱۳۳۳۳ و F_i^c (V_R)=۳۳۳۳. همانگونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود مدل درجه ۳ برای تمام عناصر غذایی و باقیمانده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. عملکرد انگور ۳۷۶۱۹ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان عملکرد حدواسط برای تفکیک دو گروه با عملکرد بالا و پایین محاسبه گردید (Khiari *et al.*, 2001b). بر اساس روش ذکر شده توسط خیاری و همکاران (Khiari *et al.*, 2001b) حداکثر عملکرد در نقاط عطف مشاهده شده در منحنی‌های مقادیرتجمعی نسبت واریانس عناصر غذایی به عنوان عملکرد حد واسط انتخاب شد. همانگونه که مشاهده می‌شود حداکثر عملکرد در پتاسیم مشاهده شده است. در مجموع و با این تفکیک ۱۹ باغ در جامعه با عملکرد بالا و ۶۴ باغ در گروه با عملکرد پایین قرار گرفتند.

برآورد اعداد مرجع عناصر غذایی به روش تشخیص چندگانه

با توجه به اینکه غلظت عناصر در جامعه با عملکرد بالا به‌عنوان اعداد مرجع و حد بهینه عناصر غذایی در نظر گرفته می‌شوند (Khiari cbet *al.*, 2001a) در نتیجه با در نظر گرفتن عملکرد ۳۷۶۱۹ کیلوگرم در هکتار، مقادیر V^*_N، V^*_P، V^*_K، V^*_{Ca}، V^*_{Mg}، V^*_{Fe}، V^*_{Mn}، V^*_{Zn}، V^*_{Cu} و V^*_B به عنوان اعداد مرجع تعیین شدند که در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱- برآورد عملکرد حد واسط انگور با روش توابع تجمعی واریانس نسبت لگاریتمی عناصر غذایی

Table 1- Grape intermediate yield estimation by cumulative variance of nutrients logarithmic ratio

عناصر غذایی Nutrients	عملکرد تعیین شده Determined yield	$F_i^c (Vx)=aY^3 +bY^2 +cY +d$	R^2
N	9523	$Y=7E\text{-}13x^3 -2E\text{-}08x^2 -0.003x +110$	0.99^{**}
P	33333	$Y=2E\text{-}12x^3 -2E\text{-}07x^2 +0.0027x +87.8$	0.99^{**}
K	37619	$Y=7E\text{-}13x^3 -1E\text{-}8x^2 -0.0034x +108$	0.98^{**}
Ca	33333	$Y=1E\text{-}12x^3 -1E\text{-}07x^2 +0.0004x +96.3$	0.99^{**}
Mg	14815	$Y=-9E\text{-}13x^3 -4E\text{-}08x^2 -0.0026x +130.1$	0.98^{**}
Fe	16667	$Y=-2E\text{-}12x^3 -1E\text{-}07x^2 +0.0009x +98.5$	0.99^{**}
Cu	29167	$Y=8E\text{-}13x^3 -7E\text{-}08x^2 +0.001x +26.1$	0.98^{**}
Zn	16667	$Y=2E\text{-}12x^3 -1E\text{-}07x^2 +0.0007x +92.7$	0.98^{**}
Mn	33333	$Y=2E\text{-}12x^3 -2E\text{-}07x^2 +0.0016x +98.8$	0.99^{**}
B	33333	$Y=-1E\text{-}12x^3 +1E\text{-}07x^2 -0.0078x +151.9$	0.98^{**}
قسمت باقیمانده Filling vlue	33333	$Y=2E\text{-}12x^3 -2E\text{-}07x^2 +0.0028x +82.1$	0.97^{**}

جدول ۲- نرم‌های CND و انحراف معیار آن برای ده عناصر غذایی و ترکیبات باقیمانده در باغات مورد مطالعه

Table 2- CND norms and its SD for nutrients and residual compounds in the studied grape fields

عنصر غذایی Nutrient	نرم CND CND Norm	میانگین نرم CND Average CND norm	انحراف معیار نرم CND SD of CND norm	میانگین غلظت در جامعه با عملکرد مطلوب Average concentration in grape fields with high yield (%)	انحراف معیار SD
N	V^*_N	3.24	0.15	2.82	0.44
P	V^*_P	1.005	0.33	0.32	0.11
K	V^*_K	2.45	0.12	1.27	0.13
Ca	V^*_{Ca}	3.09	0.21	2.46	0.52
Mg	V^*_{Mg}	0.93	0.23	0.29	0.05
		$mg\ kg^{-1}$			
Fe	V^*_{Fe}	-2.13	0.35	126	41
Zn	V^*_{Zn}	-3.61	0.42	32.7	16
Mn	V^*_{Mn}	-2.5	0.44	99.1	46
Cu	V^*_{Cu}	-4.44	0.26	13.3	3.6
B	V^*_B	-4.68	0.12	10.3	1.3

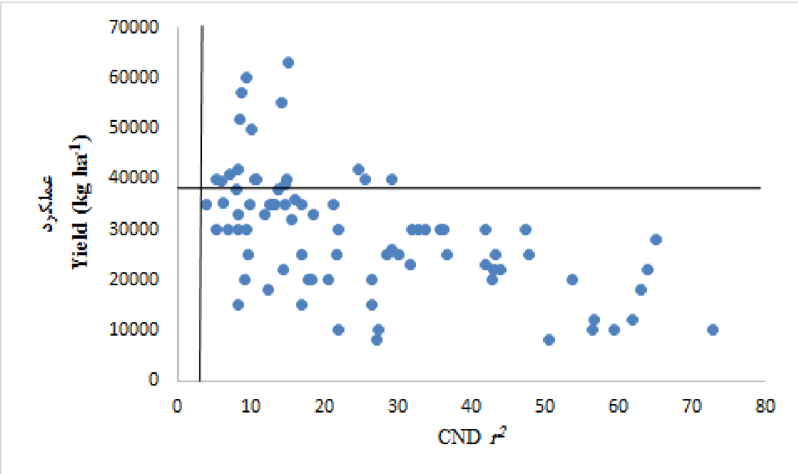
ارتباط شاخص تعادل عناصر غذایی (r^2) با عملکرد انگور

این شاخص به عنوان معیاری برای ارزیابی وضعیت تعادل تغذیه‌ای می‌باشد و می‌تواند صفر و یا بزرگ‌تر از صفر باشد. در این شاخص تعادل تغذیه‌ای نیز هرچه مجموع توان دوم شاخص‌های CND بزرگ‌تر از صفر باشد عدم تعادل تغذیه‌ای بیشتر می‌شود. در این روش شاخص تعادل تغذیه‌ای از جمع قدر مطلق کلیه عناصر غذایی به‌دست می‌آید (I_N، I_P، I_K،...) که رابطه‌ی معکوسی با میزان عملکرد دارد (Basirat *et al.*, 2018). مقدار بحرانی به روش آماری کیت-نلسون محاسبه و مقدار آن برای عملکرد حداکثر ۳۷۶۱۹ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. شاخص عناصر غذایی (I^2_x) با استفاده از روش تصویری کیت–نلسون و عملکرد بحرانی آن عنصر و بر اساس تابع توزیع آماری کای اسکوئر (K^2) با درجه آزادی d+1 و فرمول مربوط در اکسل محاسبه و مقدار آن ۸/۰۱ برای عملکرد ۳۷۶۱۹ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (شکل ۱) که با عدد به‌دست آمده از جدول ۳ (۷/۵۳) خیلی نزدیک است. حدود بحرانی بالا و پایین با جذر گرفتن از I_x محاسبه شد (جدول ۳). دامنه‌های بحرانی ارائه شده در این جدول را می‌توان به عنوان یک "دامنه‌ی کفایت" برای شاخص‌های عناصر غذایی در نظر گرفت که اعداد خارج از این دامنه بیانگر وضعیت بحرانی و داخل دامنه نشانه‌ی وضعیت خوب و بسنده است. مثلاً شاخص بحرانی ۰/۹۵ برای نیتروژن در دامنه‌ی ۰/۹۵ تا ۰/۹۵- قرار می‌گیرد که بیانگر وضعیت عادی این عنصر برای انگور می‌باشد. بطورکلی، بر اساس اطلاعات ارائه شده در جدول ۳ مشاهده می‌شود که شاخص I^2_x برای عناصر مورد مطالعه همراه با حد بحرانی پایین و بالای هر عنصر غذایی به‌دست آمده است. در محدوده بین این حدود تعادل برای این عناصر در باغات وجود دارد.

جدول ۳- شاخص عناصر غذایی و دامنه کفایت و بحرانی برای ۱۰ عنصر غذایی در باغات انگور

Table 3- Nutrients index and sufficiency and critical range for 10 nutrients in grape fileds

نوع شاخص Index type	شاخص عناصر غذایی Nutrients index (I^2x)	حد بحرانی بالا Upper critical level	حد بحرانی پایین Lower critical level	عملکرد بحرانی Critical yield
I^2_N	0.9	0.95	-0.95	9524
I^2_P	1.1	1.05	-1.05	33333
I^2_K	1.95	1.4	-1.4	37619
I^2_{Ca}	0.15	0.39	-0.39	33333
I^2_{Mg}	0.7	0.84	-0.84	14815
I^2_{Fe}	0.18	0.42	-0.42	16667
I^2_{Cu}	0.4	0.63	-0.63	29167
I^2_{Zn}	0.15	0.39	-0.39	16666
I^2_{Mn}	0.2	0.45	-0.45	33333
I^2_B	1.8	1.34	-1.34	33333
جمع SUM (r^2)	7.53			37619



شکل ۱- رابطه بین عملکرد (kg ha^{-1}) و CND r^2 در انگور همدان

(خط افقی عملکرد ۳۷۶۱۹ کیلوگرم در هکتار و خط عمودی شاخص ۸/۰۱ می‌باشد)

Figure 1- Relationship between yield (kg ha^{-1}) and CND r^2 in grape fields of Hamedan

شکل ۱ نشان‌دهنده رابطه عملکرد در دو گروه عملکرد بالا و پایین با شاخص تعادل عناصر غذایی است و نشان می‌دهد که در عملکردهای کمتر از ۳۷۰۰۰ کیلوگرم در هکتار تعادل تغذیه‌ای دچار اختلال شده است و شاخص تعادل تغذیه‌ای افزایش یافته است (Basirat *et al.*, 2018). در عملکردهای بیشتر از ۳۷۰۰۰ کیلوگرم در هکتار شاخص تعادل عناصر غذایی به سمت مقادیر زیر ۱۰ و در عملکردهای زیر ۲۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار شاخص تعادل عناصر غذایی به بالای ۲۰ افزایش یافت. نتایج نشان داد که ضریب تبیین بین عملکرد و شاخص تعادل تغذیه‌ای در روش CND حدود ۰/۳ بود که بیانگر همبستگی بهتر نتایج این روش در مقایسه با روش انحراف از درصد بهینه (۰/۲۴) بود.

تفسیر نتایج تعدادی از باغات با عملکرد پایین با روش تشخیص چندگانه

بر اساس میانگین شاخص‌های CND ترتیب اولویت عناصر غذایی مورد نیاز در باغات با عملکرد پایین برای عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف به ترتیب به صورت K>N>Mg>Ca>P و Mn>Fe>Zn>Cu>B به دست آمد (جدول ۴). شاخص پتاسیم در ۸۳ درصد از باغات با عملکرد پایین، منفی بود. بعد از عنصر پتاسیم، نیتروژن در ۵۸ درصد از باغات دارای عملکرد متوسط و پایین دارای شاخص منفی بود. به دلیل عدم توجه به مصرف متناسب کودهای پتاسیمی در باغات، کمبود آن حداقل در نیمی از باغات کمبود آن بروز کرده است. بعد از پتاسیم، عنصر نیتروژن بیشترین کمبود را به خود اختصاص داد. با توجه به نقش نیتروژن در رشد رویشی، گلدهی و تشکیل و درشت شدن غده می‌توان گفت که در خاک‌های منطقه

معمولاً ماندگاری مواد آلی خاک به سبب تجزیه سریع کم می‌باشد و خاک‌های منطقه عمدتاً دارای مواد آلی پایین می‌باشند (جدول ۴) و چون بخشی از نیتروژن مورد نیاز گیاه از طریق مواد آلی خاک تأمین می‌شود، ممکن است نیتروژن برای مدت زمان کمتری در دسترس محصول باشد. از طرف دیگر، سبک بودن بافت خاک سبب می‌شود بخش قابل توجهی از کودهای نیتروژنی مورد استفاده در باغات، آبشویی شده و از دسترس گیاه خارج شوند. بنابراین، برنامه مدیریتی خاک و زراعتی می‌تواند مقدار ماده آلی خاک را افزایش دهد و قابلیت استفاده نیتروژن را در انگور تغییر دهد. در بین عناصر پرمصرف فسفر مثبت‌ترین شاخص را دارا بود و در اکثر باغات مثبت بود. در بین عناصر کم مصرف شاخص‌های منگنز، آهن و روی به‌ترتیب در ۵۹، ۴۹ و ۷۳ درصد از باغات منفی بودند، وجود شرایط آهکی در خاک‌های منطقه می‌تواند دلیل این کمبود باشد. تهویه خوب، pH بالا، وجود Ca و Mg، جذب آهن را کاهش می‌دهد (Malakouti and Riazi-Hamadani, 1992). شاخص بور در برخی باغات مثبت و در برخی از باغات دیگر منفی بود. شناخت دامنه اثر فرآیندهای کنترل کننده فعالیت بور در محلول خاک برای حفظ کیفیت آب و مدیریت حاصلخیزی خاک مهم است. مجیدی و راهنمایی (Majidi and Rahnemaie, 2016) گزارش کردند که ظرفیت تبادل کاتیونی و کربنات کلسیم فعال خاک، از مهمترین عوامل ابقای بور در خاک‌های آهکی هستند و رابطه مثبتی با درجه برگشت پذیری بور در خاک نشان دادند.

همچنین در مجموع شاخص عوامل ناشناخته در ۴۱ درصد باغات انگور استان همدان منفی بود. عواملی مانند سیستم آبیاری، شیوع و بروز بیماری‌های گیاهی و حمله آفات، تغییرات ناگهانی دما، هرس و مبارزه با علف‌های هرز جزو عواملی هستند که ممکن است به عنوان عامل ناشناخته در کاهش عملکرد انگور نقش ایفا کرده باشند. بطور جزئی نیز وضعیت تغذیه‌ای هر باغ جداگانه ارزیابی شد و بیشترین اهمیت آن در این است که وضعیت هر عنصر با توجه به همه عناصر پرمصرف (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم) و کم‌مصرف (آهن، منگنز، روی، مس، بور) یعنی با لحاظ اثرات متقابل ۱۱ عنصر غذایی برآورد شده است در حالی‌که در روش غلظت بحرانی این اثرات بخوبی لحاظ نشده است.

نتیجه‌گیری

– میانگین عملکرد در کل باغات ۲۹۱۳۰ کیلوگرم بر هکتار و انحراف معیار آن ۱۱۹۵۵ محاسبه گردید. میانگین عملکرد در باغات با عملکرد بالا ۵۱۳۳۰ و در جامعه با عملکرد متوسط و پایین ۲۶۴۲۹ کیلوگرم بر هکتار بود که اختلاف بین عملکرد این جوامع از لحاظ آماری معنی‌دار بود.

در بین عناصر پرمصرف، شاخص عنصر نیتروژن در تمام باغات با عملکرد متوسط و پایین منفی بود و در ۳۳ درصد باغات منفی‌ترین شاخص را دارا بود و شاخص عنصر فسفر در ۵۳ درصد از باغات دارای عملکرد متوسط و پایین مثبت بود و منیزیم بعد از فسفر مثبت‌ترین شاخص‌ها را دارا بود. با توجه به نقش نیتروژن در رشد رویشی، گلدهی و تشکیل و درشت شدن غده می‌توان گفت که در خاک‌های منطقه معمولاً ماندگاری مواد آلی خاک به سبب تجزیه سریع کم می‌باشد و خاک‌های منطقه عمدتاً دارای مواد آلی پایین می‌باشند و چون بخشی از نیتروژن مورد نیاز گیاه از طریق مواد آلی خاک تأمین می‌شود، ممکن است نیتروژن برای مدت زمان کمتری در دسترس محصول باشد. در بین عناصر کم مصرف شاخص‌های آهن و بور به ترتیب در ۷۱ و ۷۹ درصد از باغات منفی بودند.

جدول ۴- شاخص‌های CND، عملکرد و اولویت نیاز عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در باغات انگور با عملکرد پایین

Table 4- CND indices, yield and macro and micro nutrients requirement preference in grape fields with lower yield

	شاخص‌ها Indexes										اولویت نیاز عناصر غذایی Nutrients requirement rank		
عملکرد Yield	I_N	I_P	I_k	I_{Ca}	I_{Mg}	I_{Fe}	I_{Cu}	I_{Zn}	I_{Mn}	I_B	عناصر پرنیاز Macronutrients	عناصر کم نیاز Micronutrients	r2
35000	-0.28	-1.05	-0.83	-0.64	-1.14	0.54	1.47	-1.68	0.36	2.80	Mg>P>K>Ca>N	Zn>Mn>Fe>Cu>B	12.6
33000	0.65	1.12	2.4	-0.33	1.14	0.21	-1.57	0.81	-1.03	-1.29	Ca>N>P>Mg>K	Cu>B>Mn>Fe>Zn	18.5
30000	0.79	1.29	-3.77	-0.79	-0.57	1.11	-0.38	0.40	-0.53	-1.39	K>Ca>Mg>N>P	B>Mn>Cu>Zn>Fe	21.9
26000	0.94	1.53	1.05	-0.30	1.88	-0.25	-1.73	1.39	-2.09	0.22	Ca>N>K>P>Mg	Mn>Cu>Fe>B>Zn	29.3
25000	0.30	1.76	-4.64	-0.45	-0.18	-0.77	-0.33	1.33	-0.36	0.41	K>Ca>Mg>N>P	Fe>Mn>Cu>B>Zn	30.1
22000	0.82	1.15	-5.6	-0.36	1.59	-1.25	-0.92	0.38	-0.34	0.59	K>Ca>N>P>Mg	Fe>Cu>Mn>Zn>B	43.9
20000	0.20	1.23	-4.28	-0.92	1.27	-1.12	-1.89	-0.63	-0.29	4.73	K>Ca>N>P>Mg	Cu>Fe>Zn>Mn>B	42.8
18000	0.12	1.42	-6.69	0.46	0.43	-1.06	-0.52	1.47	-1.59	2.02	K>N>Mg>Ca>P	Mn>Fe>Cu>Zn>B	63
10000	-2.13	-1.28	-5.89	1.02	-0.94	2.72	1.49	-0.97	0.25	1.15	K>N>P>Mg>Ca	Zn>Mn>B>Cu>Fe	59.4
8000	-0.49	2.1	-5.9	-0.15	-0.81	-0.41	-0.45	-0.45	-0.13	-0.20	K>Mg>N>Ca>P	Cu>Zn>Fe>B>Mn	50.7
میانگین Average	-0.02	0.49	-2.47	0.06	-0.01	-0.06	0.01	-0.01	-0.19	0.13	K>N>Mg>Ca>P	Mn>Fe>Zn>Cu>B	

این در حالی است که شاخص مس در ۶۳ درصد باغات مثبت شد. در این استان شرایط آهکی خاک‌ها، قابلیت فراهمی عناصر کم‌مصرف را از خاک به ریشه گیاهان با مشکل مواجه نموده است.

به دلیل لحاظ نمودن اثرات متقابل کلیه عناصر روش CND می‌تواند جامعیت بیشتری نسبت به روشهای دیگر مانند DOP داشته باشد. لذا پیشنهاد می‌گردد در پژوهش‌های آتی به این روش و نتایج حاصل از آن برای تشخیص اختلالات تغذیه‌ای و توصیه‌های کودی توجه کافی صورت گیرد و با توجه به اینکه در مناطق اجرا عوامل ناشناخته درصد قابل توجهی از عوامل مؤثر در عملکرد را دارا بودند، انجام تحقیقات مشترک بین علوم خاک‌شناسی و زراعت برای دست یافتن به الگوهای کشت مناسب به منظور افزایش کارایی عناصر و اجرای یک مدیریت تلفیقی در مزرعه ضروری می‌باشد و تنها انجام آنالیزهای آماری ساده برای گرفتن تصمیم‌های نهایی و کلان کافی نمی‌باشد. همچنین نتایج حاصله در باغات انگور گویای اختلاف در روش مدیریت آن‌ها و کاربرد نامتعادل کودهای شیمیایی می‌باشد.

منابع

1. Anonymous. 2013. Agricultural statistics. First volume: Crops Jihade-Agriculture Ministry, Tehran, Iran.
2. Baldock J.O., and Schulte E.E. 1996. Plant analysis with standardized scores combined with DRIS and Sufficiency ranges approaches in corn. Agronomy Journal 88: 448-456. https://doi.org/10.2134/agronj1996.00021962008800030015x.
3. Basirat M., Akhiani A., and Daryashenas A. 2016. Estimating sufficiency norms in compositional nutrient diagnosis (CND1) method for Shahroudi table grape. Iranian Journal of Soil Research 30(1): 1-11. (In Persian with English abstract)
4. Basirat M., Hanghightnia H., and Mousavi S.M. 2018. Evaluation and determination of the nutritional status of valencia orange orchards in south of fars province. Journal of Water and Soil 32(1): 143-154. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jsw.v32i1.67597.
5. Chakerolhosseini M.R., Khorassani R., Fotovat A., and Basirat M. 2016. Determination of norms and limitation of nutrients for orange by the compositional nutrient diagnosis method. Journal of Soil Management and Sustainable Production 6(3): 161-172. (In Persian with English abstract)
6. Ganeshamurthy A.N., Govindakrishnan P., Raghupathi H.B., and Mahendra Kumar M.B. 2019. Compositional nutrient diagnosis (CND) norms and indices for potato (*Solanum tuberosum* L.). Journal of Horticultural Science 14(2): 142-148. https://doi.org/10.24154/JHS.2019.v14i02.009.
7. Ghodarzi A.K. 2005. Nutritional balance evaluation of Sisakht region vineyard in Kohkiloyeh and Boyerahmad province by DOP method. Soil and Water Science 19(1): 33-34. (In Persian)
8. Jones J. 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press, LLC. USA.
9. Khiari L., Parent L.E., and Tremblay N. 2001a. Critical compositional nutrient indexes for sweet corn at early growth stage. Agronomy Journal 93: 809-814. https://doi.org/10.2134/agronj2001.934809x.
10. Khiari L., Parent L.E., and Tremblay N. 2001b. The Phosphorus compositional nutrient diagnosis range for potato. Agronomy Journal 93: 815-819. https://doi.org/10.2134/agronj2001.934815x.
11. Khiari L., Parent L.E., and Tremblay N. 2001c. Selecting the high-yield subpopulation for diagnosing nutrient imbalance in crops. Agronomy Journal 93: 802-808. https://doi.org/10.2134/agronj2001.934802x.
12. Majidi A., Rahnemaie R. 2015. Effects of physicochemical properties of calcareous soils on boron adsorption-desorption reactions. Iranian Journal of Soil Research (Formerly Soil and Water Sciences) 29(3): 321-333. (In Persian with English abstract)
13. Malakouti M.J., and Riazi-Hamadani A. 1992. Soil fertility and fertilizers (Translated), University Publication Center. Ministry of Culture and Higher Education. Pub. No. 598, pp. 800.
14. Parent L.E., and Dafir M. 1992. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. Journal of American Society for Horticultural Science 117: 239-242. https://doi.org/10.21273/JASHS.117.2.239.
15. Parent L.E., and Khiari L. 2003. The compositional nutrient diagnosis of onions .xxxvi international horticultural congress: Toward ecologically sound fertilization strategies for field vegetable production. http://www.actahort.org.
16. Parent L.E., Cambouris A.N., and Muhawenimana A. 1994. Multivariate diagnosis of nutrient imbalance in potato crops. Soil Science Society of American Journal 58: 1432-1438. https://doi.org/10.2136/sssaj1994.03615995005800050022x.
17. Pereira B.F., Stoffella P.J., and Melfi A.J. 2011. Reclaimed wastewater: Effects on citrus nutrition. Journal of Agricultural Water Management 98: 1828-1833. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.06.009.
18. Ryan J.R., Stefan G., and Rashid A. 2001. Soil and Plant Analysis Laboratory Manual (2nd ed). ICARDA. Aleppo, Syria, PP.172.
19. Sajjadi A.S. 1992. Diagnisis and recommendation integrated system. Report number of 847. Soil and Water

Research Institute, Tehran, Iran. (In Persian)
20. Samadi A., and Majidi A. 2010. Determination of DRIS indices and comparison of them with DOP method in curly white grape. Iranian Journal of Soil Research (Formerly Soil and Water Sciences) 24(2): 89-105. (In Persian eith English abstract)
21. Taheri M. 2017. Evaluation of vineyards nutritional status using nutrition indices in Khodabande region. Iranian Journal of Horticultural Science 47(4): 703-715. (In Persian with English abstract). http://dx.doi.org/10.22059/ijhs.2017.123762.764.
22. Westerman L.Z. 1990. Soil Testing and Plant Analysis. Soil Science Social America Book Sereach 5. Madison, WI, USA.